

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-97907

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 P 1/383

識別記号

F I

H 0 1 P 1/383

A

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-269211

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月17日

(71) 出願人 595058299

有限会社ケイラボラトリー

神奈川県相模原市上鶴間1-29-4

(71) 出願人 000003067

ティーディーケイ株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72) 発明者 小西 良弘

神奈川県相模原市上鶴間1-29-4

(72) 発明者 三浦 太郎

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー

ディーケイ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

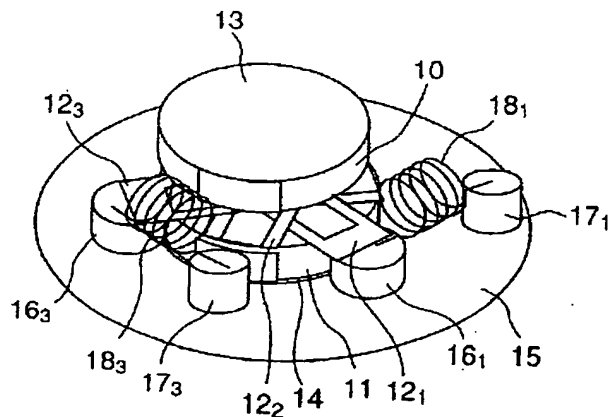
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集中定数型サーキュレータ

(57) 【要約】

【課題】 単一のサーキュレータで複数の周波数帯域において定在波抑制を行うことができる集中定数型サーキュレータを提供する。

【解決手段】 磁気回転素子と、磁気回転子の各信号端子と接地端子との間に接続された複数の共振点を有する共振回路とを備えており、共振回路の共振点の数に対応した数のサーキュレータ動作周波数領域を有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気回転素子と、該磁気回転子の各信号端子と接地端子との間に接続された複数の共振点を有する共振回路とを備えており、該共振回路の共振点の数に対応した数のサーキュレータ動作周波数領域を有することを特徴とする集中定数型サーキュレータ。

【請求項2】 前記共振回路が、並列共振点及び直列共振点の少なくとも1つの対を有する直並列共振回路であることを特徴とする請求項1に記載のサーキュレータ。

【請求項3】 前記共振回路の並列共振点及び直列共振点の対の数に1を加えた数のサーキュレータ動作周波数領域を有することを特徴とする請求項1又は2に記載のサーキュレータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主として携帯電話機の高周波回路素子として使用される集中定数型サーキュレータに関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】サーキュレータは高周波回路に非可逆性を与えて回路内の反射波を吸収させることにより定在波の発生を除去する素子であり、高周波回路の動作を安定化させるのに寄与する。このため、最近の携帯電話機においては、このような非可逆素子を設けて定在波発生を防止することが行われている。

【0003】近年、携帯電話機の使用効率を向上させるため、複数の周波数帯域で動作する電話機（マルチバンド電話機）への需要が増加している。しかしながら、従来のサーキュレータでは、1つの素子を取り扱える周波数領域は単一であり、複数の周波数帯域で動作させるためには、（イ）インピーダンス整合器によって周波数帯域を拡張する、（ロ）複数のサーキュレータをフィルタ等と組み合わせて別々に動作させる等の方法を取らねばならなかった。

【0004】インピーダンス整合器による周波数帯域の広帯域化では拡張範囲が小さく、中心周波数の30%程度の広帯域化しか図れないため、動作周波数が2倍程度異なる現在のデュアルバンド電話機には利用できない。

【0005】また、動作周波数領域が異なる複数のサーキュレータを並列接続して、フィルタ等で動作周波数を切り替える方法では、形態が大きくなるだけでなく、サーキュレータの帯域外におけるインピーダンス特性がお互いに干渉し合って特性が不安定になってしまう。

【0006】従って、本発明は従来技術の上述の問題点を解消するものであり、単一のサーキュレータで複数の周波数帯域において定在波抑制を行うことができる集中定数型サーキュレータを提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、磁気回転素子と、磁気回転子の各信号端子と接地端子との間に接続された複数の共振点を有する共振回路とを備えており、共振回路の共振点の数に対応した数のサーキュレータ動作周波数領域を有する集中定数型サーキュレータが提供される。

【0008】本発明の集中定数型サーキュレータにおいては、正相回転及び逆相回転固有ベクトルにより励振されたサーキュレータ素子の固有値の差が周波数と関係なく $120^\circ$ （3端子サーキュレータ）であることに着目し、複数の必要周波数帯域においてサーキュレータ成立条件を満たすような周波数特性を示す回路素子を接続して複数の帯域で動作させるものである。この動作は、集中定数型サーキュレータの磁気回転素子の各信号端子と接地端子との間に複数の共振点を有する共振回路を共振容量として挿入することによって実現される。

【0009】共振回路が、並列共振点及び直列共振点の少なくとも1つの対を有する直並列共振回路であることが好ましい。

【0010】本発明の集中定数型サーキュレータは、この共振回路の並列共振点及び直列共振点の対の数に1を加えた数のサーキュレータ動作周波数領域を有している。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0012】図1は、本発明の一実施形態としてデュアルバンド集中定数型サーキュレータの構造を概略的に示す分解斜視図である。

【0013】同図において、10及び11は3つの互いに絶縁された駆動線路12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>及び12<sub>3</sub>を挟んで一体化されている磁性体板、13及び14は磁性体板10及び11の外側表面にそれぞれ形成されたシールド電極、15は接地電極、16<sub>1</sub>及び17<sub>1</sub>、並びに16<sub>2</sub>及び17<sub>2</sub>は共振容量、18<sub>1</sub>及び18<sub>2</sub>は共振コイルをそれぞれ示している。駆動線路12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>及び12<sub>3</sub>は、それぞれの信号端子に3つのインダクタが互いに $120^\circ$ の角度を保って3回対称形状となるように編み込まれている。

【0014】共振容量17<sub>1</sub>及び共振コイル18<sub>1</sub>は直列共振回路を構成しており、この直列共振回路と共振容量16<sub>1</sub>とが駆動線路12<sub>1</sub>の信号端子と接地電極15との間に並列に接続されている。同じく、共振容量17<sub>2</sub>及び共振コイル18<sub>2</sub>は直列共振回路を構成しており、この直列共振回路と共振容量16<sub>2</sub>とが駆動線路12<sub>2</sub>の信号端子と接地電極15との間に並列に接続されている。なお、同図には隠れているため示されていないが、駆動線路12<sub>3</sub>の信号端子と接地電極15の間にも共振容量17<sub>3</sub>及び共振コイル18<sub>3</sub>、からなる直列共振回路と共振容量16<sub>3</sub>（図2参照）とが並列に接続さ

れている。さらに、図示が省略されているが、磁性体板10及び11の上下には、励磁用磁石がそれぞれ設けられている。

【0015】図2は、図1の集中定数型サーキュレータの等価回路図である。

【0016】同図からも明らかなように図1の集中定数型サーキュレータは、理想サーキュレータ（0から無限大の周波数範囲においてサーキュレータとして動作する仮想的回路素子）20の各信号端子21<sub>1</sub>、21<sub>2</sub>及び21<sub>3</sub>と接地電極15との間に、共振容量16<sub>1</sub>（C<sub>01</sub>）、共振容量17<sub>1</sub>（C<sub>11</sub>）、共振コイル18<sub>1</sub>（L<sub>11</sub>）及びインダクタL<sub>1</sub>からなる直並列共振回路、共振容量16<sub>2</sub>（C<sub>02</sub>）、共振容量17<sub>2</sub>（C<sub>12</sub>）、共振コイル18<sub>2</sub>（L<sub>12</sub>）及びインダクタL<sub>2</sub>からなる直並列共振回路、並びに共振容量16<sub>3</sub>（C<sub>03</sub>）、共振容量17<sub>3</sub>（C<sub>13</sub>）、共振コイル18<sub>3</sub>（L<sub>13</sub>）及びインダクタL<sub>3</sub>からなる直並列共振回路をそれぞれ接続した等価回路で表すことができる。ただし、同図のインダクタLと理想サーキュレータ20とを含めた回路は、集中定数型サーキュレータ磁気回転素子の中央部に設けられた網状の駆動線路12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>及び12<sub>3</sub>の部分の非可逆インダクタンスを表わしている。

【0017】本実施形態の集中定数型サーキュレータのように、磁気回転素子の各信号端子21<sub>1</sub>、21<sub>2</sub>及び21<sub>3</sub>と接地電極15との間に、容量に代えて、必要な周波数において必要な実効容量を示す共振回路を接続することによって、複数の周波数帯域においてサーキュレータ動作を示す素子が構成できることを、以下詳細に説明する。

【0018】図3は、従来の集中定数型サーキュレータの等価回路を示している。同図に示すごとく、従来の集中定数型サーキュレータは、理想サーキュレータ（0から無限大の周波数範囲においてサーキュレータとして動作する仮想的回路素子）30の各信号端子31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>及び31<sub>3</sub>に、中心周波数f<sub>0</sub>の並列共振回路32<sub>1</sub>、32<sub>2</sub>及び32<sub>3</sub>をそれぞれ接続した等価回路で表わすことができる。ただし、並列共振回路32<sub>1</sub>、32<sub>2</sub>及び32<sub>3</sub>のインダクタLと理想サーキュレータとを含めた回路は、集中定数型サーキュレータの磁気回転素子の中央部に設けられた網状の駆動線路部分の非可逆インダクタンスを示している。

\*

\*【0019】図4の（A）及び（B）はこのような集中定数型サーキュレータのインダクタ部分の構造を示しており、図5は磁気回転子部分の構成を示しており、さらに図6は図5の磁気回転子に共振容量を接続した従来の集中定数型サーキュレータの構造を示している。これらの図から明らかなように、従来の集中定数型サーキュレータにおける磁気回転子部分の構成は、本実施形態の場合と同様である。即ち、磁性体板40及び41が3つの互いに絶縁された駆動線路42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>及び42<sub>3</sub>を挟んで一体化されており、これら磁性体板40及び41の外側表面にシールド電極43及び44がそれぞれ形成されている。駆動線路42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>及び42<sub>3</sub>は、それぞれの信号端子に3つのインダクタが互いに120°の角度を保って3回対称形状となるように編み込まれている。駆動線路42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>及び42<sub>3</sub>の各信号端子31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>及び31<sub>3</sub>と接地電極45との間には、共振容量46<sub>1</sub>、46<sub>2</sub>及び46<sub>3</sub>がそれぞれ接続されている。また、磁性体板40及び41の上下には、励磁用磁石47及び48がそれぞれ設けられている。

【0020】図4の（A）には、一つの信号端子（例えば信号端子31<sub>1</sub>）が接続されているインダクタ（駆動線路42<sub>1</sub>）の断面と磁界が発生している様子とが示されている。このインダクタンスを $L$ とすると、他の2つのインダクタ（駆動線路42<sub>2</sub>及び42<sub>3</sub>）を流れる電流によって生ずる磁束49は、信号端子31<sub>1</sub>に接続されているインダクタ（駆動線路42<sub>1</sub>）をよぎるため、その影響を考慮して信号端子31<sub>1</sub>のインダクタンスを求めなければならない。

【0021】いま、 $n$ 開孔回路の各信号端子に特別な組み合わせの進行波を加えることによって、各信号端子の反射係数を等しくすることができる。この条件を満たす進行波を書き並べて得られるベクトルを固有ベクトルと呼び、反射係数を固有値と呼ぶ。そして、 $n$ 開孔回路では $n$ 個の固有ベクトルと、これに対応した $n$ 個の固有値とが存在する。従って、3端子サーキュレータでは、3つの固有ベクトル $u_1$ 、 $u_2$ 及び $u_3$ と、それに対応する3つの固有値 $s_1$ 、 $s_2$ 及び $s_3$ とが存在する。そして、これらの固有ベクトルは、次に示す値でなければならない。

【0022】

【数1】

$$\vec{u}_1 = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \vec{u}_2 = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-j\frac{2\pi}{3}} \\ e^{j\frac{2\pi}{3}} \end{pmatrix}, \quad \vec{u}_3 = \frac{1}{3} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{3}} \\ e^{-j\frac{2\pi}{3}} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$s_2 = s_1 e^{j\frac{2\pi}{3}}, \quad s_3 = s_1 e^{-j\frac{2\pi}{3}}$$

【0023】これらの反射係数に対して、当然にアドミタンス  $y_1$ 、 $y_2$  及び  $y_3$  が存在し、 $Y_c$  を端子アドミタンスとすると、これらの値は、次式で与えられ \*

【0024】

【数2】

$$y_i = Y_c \frac{1 - s_i}{1 + s_i}, \quad [i = 1, 2, 3] \quad (2)$$

【0025】いま、図3～図6に示す従来の集中定数型サークュレータの信号端子31<sub>1</sub>に加えた電流  $j_1$  によって発生する磁界  $H_1$  が、図4の(B)の点線矢印49に示すようであるとしたとき、信号端子31<sub>2</sub>及び31<sub>3</sub>に流れる電流  $j_2$  及び  $j_3$  に対する磁界  $H_2$  及び  $H_3$  ※

※は、 $H_1$  を基準にして表わすと、図7に示すようになる。これから分かるように、磁界  $H_2$  及び  $H_3$  の磁界  $H_1$  方向の成分は、

【0026】

【数3】

$$-H_2 \cos \frac{\pi}{3} = -\frac{1}{2} H_2 \quad (3)$$

$$-H_3 \cos \frac{\pi}{3} = -\frac{1}{2} H_3$$

【0027】となるから、これを  $H_1$  に加えると、★

★【数4】

【0028】

★

$$H = \dot{H}_1 - \frac{1}{2} (\dot{H}_2 + \dot{H}_3) \quad (4)$$

【0029】となる。ここで、固有ベクトル  $u_1$ 、 $u_2$  及び  $u_3$  に対する磁界を  $H^1$ 、 $H^2$  及び  $H^3$  とすると、☆

☆【0030】

【数5】

$$H^1 = \dot{H}_1 - \frac{1}{2} (\dot{H}_1 + \dot{H}_1) = 0$$

$$H^2 = \dot{H}_1 - \frac{1}{2} (e^{-j\frac{2\pi}{3}} \dot{H}_1 + e^{j\frac{2\pi}{3}} \dot{H}_1) = \frac{3}{2} \dot{H}_1 \quad (5)$$

$$H^3 = \dot{H}_1 - \frac{1}{2} (e^{-j\frac{2\pi}{3}} \dot{H}_1 + e^{j\frac{2\pi}{3}} \dot{H}_1) = \frac{3}{2} \dot{H}_1$$

【0031】となり、固有ベクトル  $u_1$ 、 $u_2$  及び  $u_3$  は、それぞれ、に対する信号端子のインダクタンス  $L_1$ 、 $L_2$  及び  $L_3$  50

【0032】

【数6】

$$L_1 = 0, \quad L_2 = L_3 = \frac{3}{2} L_0 \equiv \xi \quad (6)$$

【0033】となる。この結果を用いると、固有ベクトル  $u_1$ 、 $u_2$  及び  $u_3$  に対するフェライトの装荷アドミッタンス  $y_{L1}$ 、 $y_{L2}$  及び  $y_{L3}$  は、  
 \* 【0034】  
 【数7】  
 \*

$$y_{L2} = \frac{1}{j\omega\xi\mu_+} \quad (7)$$

$$y_{L3} = \frac{1}{j\omega\xi\mu_-}$$

【0035】となる。ここで  $\mu_+$  及び  $\mu_-$  は、外部印加直流磁界に対して正方向及び逆方向に回転する高周波磁界に対する透磁率を表わし、固有ベクトル  $u_2$  及び  $u_3$  が発生する磁界がそれぞれ正方向及び逆方向の回転磁界※となることから導かれた結果である。さて、 $\mu_+$  及び  $\mu_-$  は、ポルダークの式より、  
 【0036】  
 【数8】

$$\mu_{\pm} = 1 + \frac{P}{\sigma \mp 1}$$

$$P = \frac{|\gamma| 4\pi M_s}{\omega}, \quad \sigma = \frac{|\gamma| H_i}{\omega} \quad (8)$$

【0037】で与えられる。ただし、 $4\pi M_s$  はフェライトの飽和磁化、 $H_i$  はフェライトの内部磁界、 $\gamma$  は磁気回転比となるから、この関係を使って  $(1/\mu_{\pm}) = \star 30$  ★  $(1/\mu_{\pm})$  の値を求めると、  
 【0038】  
 【数9】

$$\frac{1}{\mu_-} - \frac{1}{\mu_+} = \frac{\sigma+1}{\sigma+1+P} - \frac{\sigma+1}{\sigma-1+P} = \frac{2P}{(\sigma+P)^2 - 1} \quad (9)$$

【0039】となるが、集中定数型サーキュレータのように強磁性共鳴磁界より大きな磁界で使用する場合（アバブレゾナンス動作）には、 $(\sigma+P)^2 \gg 1$  の関係☆があるから、この関係を代入して、  
 【0040】  
 【数10】

$$\frac{1}{\mu_-} - \frac{1}{\mu_+} \approx \frac{2\omega|\gamma|4\pi M_s}{|\gamma|^2 (H_i + 4\pi M_s)^2} = \frac{8\omega\pi M_s}{|\gamma| (H_i + 4\pi M_s)^2} \quad (10)$$

【0041】と近似できる。この結果を使って  $(1/j\omega\xi\mu_{\pm}) = (1/j\omega\xi\mu_{\pm})$  の値を求めると、  
 ◆ 【0042】  
 ◆ 【数11】

$$\frac{1}{j\omega\xi\mu_-} - \frac{1}{j\omega\xi\mu_+} = y_{L3} - y_{L2} = \frac{8\pi M_s}{j\xi|\gamma| (H_i + 4\pi M_s)^2} \quad (11)$$

【0043】となり、 $j(y_{L2} - y_{L3})$  の値は周波数に駆動されたサーキュレータにおいて、固有値  $s_1$  と固有値  $s_2$  との差が周波数に依存しないことを示している。

集中定数型サーキュレータにおいて、固有ベクトル  $u_1$  に対するインダクタンスは (6) 式より 0 である。従って、固有値  $s_1$  もスミス図表上右端の点 (1, 0) にあって周波数に依存しない。固有値  $s_2$  と固有値  $s_3$  との差がスミス図表上で  $120^\circ$  になるように印加磁界を調整してから、各信号端子に容量を付加して固有値  $s_2$  及び  $s_3$  を移動させ、固有値  $s_1$  に対する固有値  $s_2$  及び  $s_3$  の角度を  $120^\circ$  になるように調整できれば、その\*

\* 周波数において完全なサーキュレータとなる (図 8 参照)。

【0044】集中定数型サーキュレータ素子がサーキュレータが成立する条件を満たすには、(7) 式の固有値  $s_1$  に関する条件から、(1) 式を参照して、他の固有値が次の条件を満たさねばならない。

【0045】

【数12】

$$s_1 = -1, \quad s_2 = e^{-j\frac{1}{3}}, \quad s_3 = e^{j\frac{1}{3}} \quad (12)$$

【0046】この条件を満たす固有アドミッタンスは、  
(1) 式により次のように考えられる。

※【0047】

※【数13】

$$y_1 = \infty, \quad y_2 = -j \frac{Y_c}{\sqrt{3}}, \quad y_3 = j \frac{Y_c}{\sqrt{3}} \quad (13)$$

【0048】この結果より、

★【数14】

【0049】

★

$$y_3 - y_2 = j \frac{2Y_c}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

【0050】でなければならないから、(14) 式を  
(11) 式に代入して、

☆【0051】

☆【数15】

$$\xi = \frac{4\sqrt{3}\pi M_s Z_c}{|\gamma| (H_i + 4\pi M_s)^2} \quad (15)$$

【0052】となる。サーキュレータは (13) 式より、 $y_2 + y_3 = 0$  でなければならない。この操作は、サーキュレータの磁気回転素子に容量  $C$  を並列に付加して、図 9 に示すように、スミス図表上のアドミッタンスを (14) 式の関係を保ったまま  $y_{12} \rightarrow y_2$ 、 $y_{13} \rightarrow y_3$  のように移動させてサーキュレータ成立条件を満たさ

◆ せるものであるから、 $(y_3 + y_2) / 2 = \omega C$  でなければならない。この条件は (8) 式及びアバブレソナンス動作条件  $\sigma^2$ 、 $\sigma P \gg 1$  を使って次のように求められる。

【0053】

【数16】

$$\frac{y_{L3} + y_{L2}}{2} = \frac{1}{j2\omega\xi} \left( \frac{1}{\mu_-} + \frac{1}{\mu_+} \right) = \frac{\sigma^2 - 1}{j\omega\xi(\sigma^2 - 1 + \sigma P)}$$

$$\approx \frac{\sigma}{j\omega\xi(\sigma + P)} = \omega C \quad (16)$$

【0054】この結果より共振容量  $C$  は、

【数17】

【0055】

$$C = \frac{\sigma}{\omega^2 \xi (\sigma + P)} = \frac{H_i}{\omega^2 \xi (H_i + 4\pi M_s)} \quad (17)$$

【0056】となり、 $\omega^2$  に逆比例したこのような容量を接続すればサーキュレータとなる。このことは、容量の代わりに必要な周波数において必要な実効容量を示す回路を磁気回転素子の信号端子に接続すれば、複数の周

波数帯域においてサーキュレータ動作を示す素子が構成できることを示している。

【0057】いま、周波数  $f_1$  において容量  $C$  でサーキュレータが実現したとする。この素子を他の周波数  $f_2$

においてもサーキュレータとするには、周波数  $f_1$  における容量が  $C$  で周波数  $f_2$  における容量が  $(f_1/f_2)^2 C$  となるような素子を接続すればよい。直並列共振回路のうち、図10に示した回路は共振周波数の下側と上側とで容量性となり、動作周波数が直並列共振周波\*

$$y = j\omega C_0 + \frac{1}{j\omega L_1 - \frac{1}{j\omega C_1}} \quad (18)$$

【0059】であり、図11のようなアドミッタンス周波数特性を示す。いま、直列共振と並列共振の角周波数をそれぞれ  $\omega_s$ 、 $\omega_p$  とすれば、(18) 式は次のよう※

$$y = \frac{\omega C_0 (\omega_p^2 - \omega^2)}{\omega_s^2 - \omega^2} \quad (19)$$

$$\text{ただし、} \omega_s^2 = \frac{1}{L_1 C_1}, \quad \omega_p^2 = \omega_s^2 \left(1 + \frac{C_1}{C_0}\right)$$

【0061】いま、 $f_2 = 2f_1$  の場合を考える。このときの必要容量は  $C/4$  であるから、 $f_1$  及び  $f_2$  におけるアドミッタンスは、それぞれ  $\omega_1 C$  及び  $\omega_2 C = \omega \star$

$$\omega_1 C = \frac{\omega C_0 (\omega_p^2 - \omega^2)}{\omega_s^2 - \omega^2} \quad (20)$$

$$\frac{\omega_1 C}{2} = \frac{\omega C_0 (\omega_p^2 - \omega^2)}{\omega_s^2 - \omega^2}$$

【0063】となる。この式群では未知数の数が式の数より多いので、幾つかの定数は任意に決定できる。ここでは、 $\omega_1$  に対する  $\omega_s$  及び  $\omega_p$  を次のように決める ☆

$$x = \frac{\omega_s}{\omega_1}, \quad y = \frac{\omega_p}{\omega_1}$$

$f_2 = 2f_1$  の場合には

$$y = \sqrt{5 - \frac{4}{x^2}} \quad (21)$$

【0065】となる。さきに決めた動作周波数の関係から、 $1 < x < 2$ 、 $1 < y < 2$  であり、図11より明らかに、 $x$  が1に接近しても、また  $y$  が2に接近しても解は不安定になる。 $x$  を適当な値に設定してから  $y$  を決

\* 数の上下に設定できれば、複数周波数動作のサーキュレータとして目的に合致する。この回路のアドミッタンスは、

【0058】

【数18】

※に書き換えられる。

【0060】

【数19】

★  $C/2$  となる。この条件を (19) 式に代入すると、

【0062】

【数20】

☆と、

【0064】

【数21】

◆ 定すれば、(20) 式より  $C_0$ 、 $C_1$  及び  $L_1$  が次のように決定できる。

【0066】

【数22】

$$C_0 = C \frac{x^2 - 1}{y^2 - 1}$$

$$C_1 = C_0 \left\{ \frac{y^2}{x^2} - 1 \right\} = C \frac{x^2 - 1}{y^2 - 1} \left\{ \frac{y^2}{x^2} - 1 \right\} \quad (22)$$

$$L_1 = \frac{1}{\omega_s^2 \cdot C_1} = \frac{1}{(x \cdot \omega_1)^2 \cdot C_1}$$

【0067】次に、本実施形態のデュアルバンド集中定数型サーキュレータについて、実際に設計し、製造した例について示す。いま、 $4\pi M_3 : 400 \text{ Gauss}$ 、 $f_1 : 300 \text{ MHz}$ 、 $\sigma = 3.5$ 、 $Z_0 = 50 \Omega$ とする \*

\*と、

【0068】

【数23】

$$P = \frac{2.8 \times 450}{300} = 4.20$$

$$\omega \xi = \frac{\sqrt{3 \times 4.20 \times 50}}{(3.50 + 4.20)^2} = 6.13 (\Omega)$$

$$\xi = 3.25 (\text{nH})$$

となって、共振容量Cは(17)式より

$$C = \frac{3.5}{(2\pi \times 300 \times 10^6)^2 \times 3.25 \times 10^{-9} \times (3.5 + 4.20)} = 39.3 (\text{pF})$$

【0069】が得られる。この条件を満足する磁気回転素子を製作して、 $300 \text{ MHz}$ 及び $600 \text{ MHz}$ のオクタブ周波数で動作するサーキュレータを設計した。磁気回転素子の共振容量として通常の容量に置換させる回\*

※路素子の定数は、(22)式を参照して次のように決定された。

【0070】

【数24】

$$C_0 = 39.3 \times \frac{1.30^2 - 1}{1.62^2 - 1} = 16.7 (\text{pF})$$

$$C_1 = 16.7 \times \left\{ \frac{1.62^2}{1.30^2} - 1 \right\} = 9.2 (\text{pF})$$

$$f_s = 1.30 \times 300 = 390 (\text{MHz})$$

$$L_1 = \frac{1}{(2\pi \times 390 \times 10^6)^2 \times 9.2 \times 10^{-12}} = 18.0 (\text{nH})$$

【0071】この定数を用いて製作したサーキュレータ

の特性を図12に示す。同図から明らかなように、得ら

れた特性は設計値と非常に良く一致している。

【0072】以上説明した実施形態は、動作周波数帯域が2つの場合であるが、共振点が複数ある2端子共振回路では、容量性の領域が共振点对の数に1を加えた数だけ設定できることが知られているので、前述の方法を拡張すれば、任意の周波数で複数の動作領域を有するサーキュレータが構成できることは自明である。

【0073】図13は、本発明の他の実施形態における共振回路を示す回路図である。同図に示すように、この直並列共振回路は、共振コイル131 ( $L_1$ ) 及び共振容量132 ( $C_1$ ) の直列共振回路に共振容量133 ( $C_2$ ) が並列接続されており、さらにこれに、共振コイル134 ( $L_2$ ) が直列接続されており、その両端に共振容量135 ( $C_3$ ) が並列接続されている。この2端子直並列共振回路も前述の実施形態の場合と同様に、各信号端子と接地端子との間に接続される。この直並列共振回路には、直列共振点及び並列共振点が2対あり、従って、動作領域数が3つの場合に使用する。

【0074】以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

#### 【0075】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明によれば、磁気回転素子と、磁気回転子の各信号端子と接地端子との間に接続された複数の共振点を有する共振回路とを備えており、共振回路の共振点の数に対応した数のサーキュレータ動作周波数領域を有しているため、単一のサーキュレータで複数の周波数帯域において定在波抑制を行うことができる。即ち、サーキュレータは、高周波回路における定在波を抑制し、回路の動作を安定化させる素子であるが、デュアルバンド電話機のように複数の周波数帯域で動作する電話機の高周波回路において本発明のサーキュレータを使用すれば、単一のサーキュレータで任意の複数帯域における定在波抑制が実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態としてデュアルバンド集中定数型サーキュレータの構造を概略的に示す分解斜視図である。

\* 【図2】図1の集中定数型サーキュレータの等価回路図である。

【図3】従来の集中定数型サーキュレータの等価回路図である。

【図4】集中定数型サーキュレータのインダクタ部分の構造を示す図である。

【図5】集中定数型サーキュレータの磁気回転子部分の構造を表わす分解斜視図である。

【図6】図5の集中定数型サーキュレータに共振容量を接続した状態を表わす分解斜視図である。

【図7】各信号端子に電流が流れたときの磁界強度を説明する図である。

【図8】容量によりサーキュレータ条件を満たすように固有値の移動させた場合のスミス図表である。

【図9】 $y_3$ 、 $-y_2$  が周波数と関係なく変化することを示したスミス図表である。

【図10】図1の実施形態における集中定数型サーキュレータに付加する共振回路の回路図である。

【図11】図10の共振回路のアドミッタンス周波数特性図である。

【図12】実際に設計し、製造したデュアルバンド集中定数型サーキュレータの伝送特性図である。

【図13】本発明の他の実施形態における集中定数型サーキュレータに付加する共振回路の回路図である。

#### 【符号の説明】

10、11、40、41 磁性体板

12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>、12<sub>3</sub>、42<sub>1</sub>、42<sub>2</sub>、42<sub>3</sub> 駆動線路

13、14、43、44 シールド電極

15、45 接地電極

16<sub>1</sub>、16<sub>2</sub>、16<sub>3</sub>、17<sub>1</sub>、17<sub>2</sub>、17<sub>3</sub>、46<sub>1</sub>、46<sub>2</sub>、46<sub>3</sub>、132、133、135 共振容量

18<sub>1</sub>、18<sub>2</sub>、18<sub>3</sub>、131、134 共振コイル

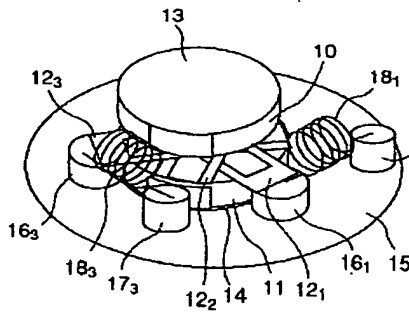
20、30 理想サーキュレータ

21<sub>1</sub>、21<sub>2</sub>、21<sub>3</sub>、31<sub>1</sub>、31<sub>2</sub>、31<sub>3</sub> 信号端子

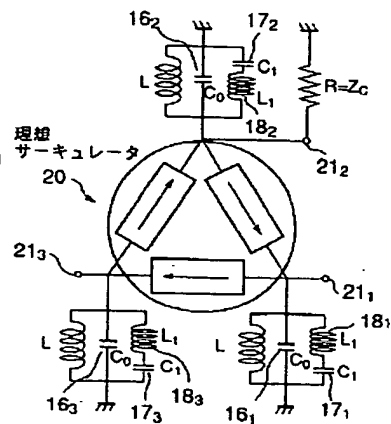
32<sub>1</sub>、32<sub>2</sub>、32<sub>3</sub> 並列共振回路

47、48 励磁用磁石

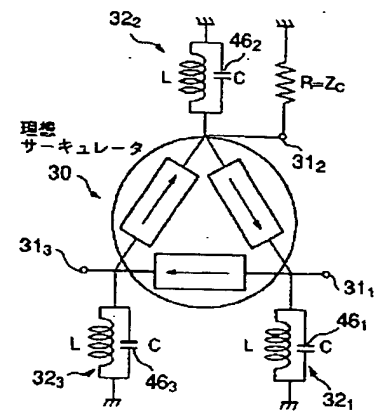
【図 1】



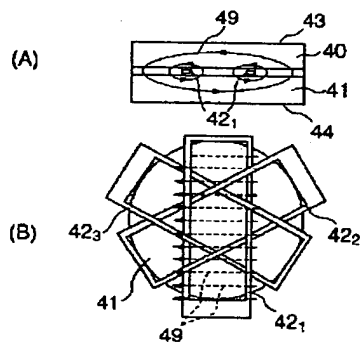
【図 2】



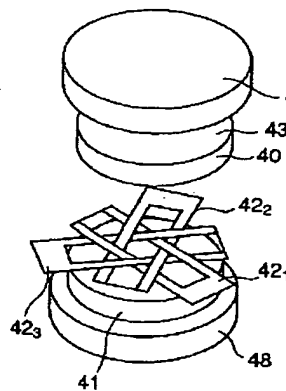
【図 3】



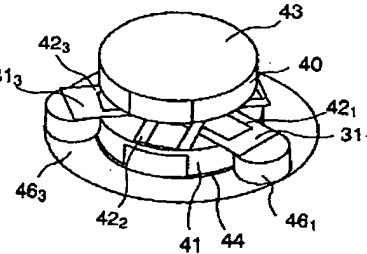
【図 4】



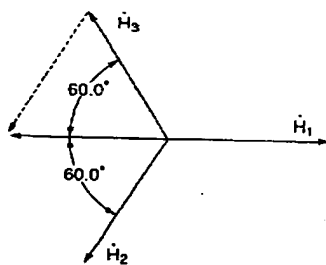
【図 5】



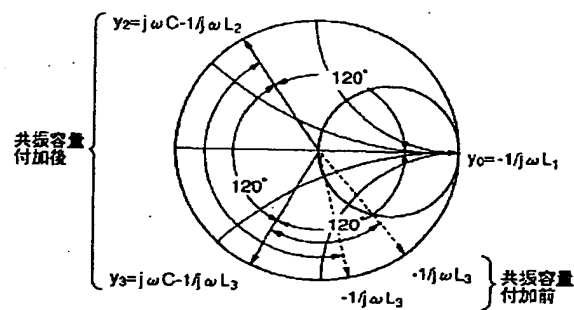
【図 6】



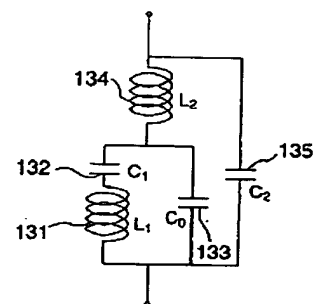
【図 7】



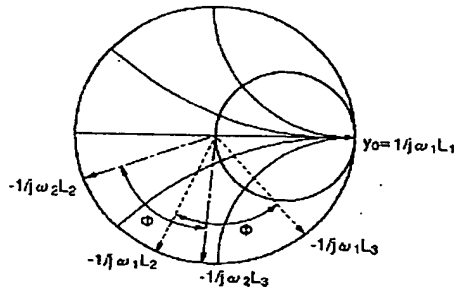
【図 8】



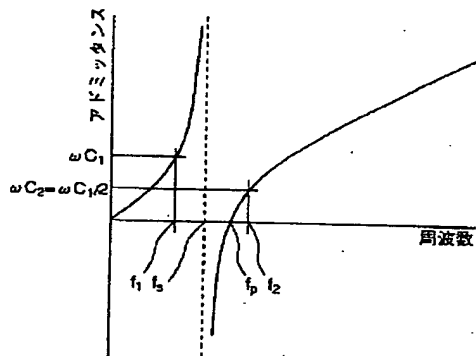
【図 13】



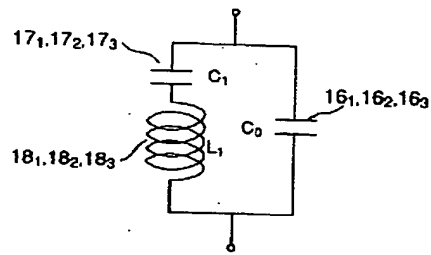
【図 9】



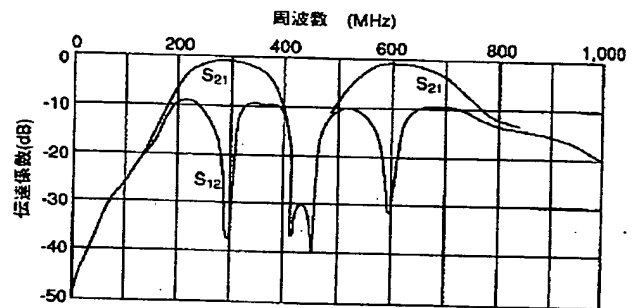
【図 11】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 宇佐美 明

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケー株式会社内

(72)発明者 三須 義文

東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー  
ディーケー株式会社内